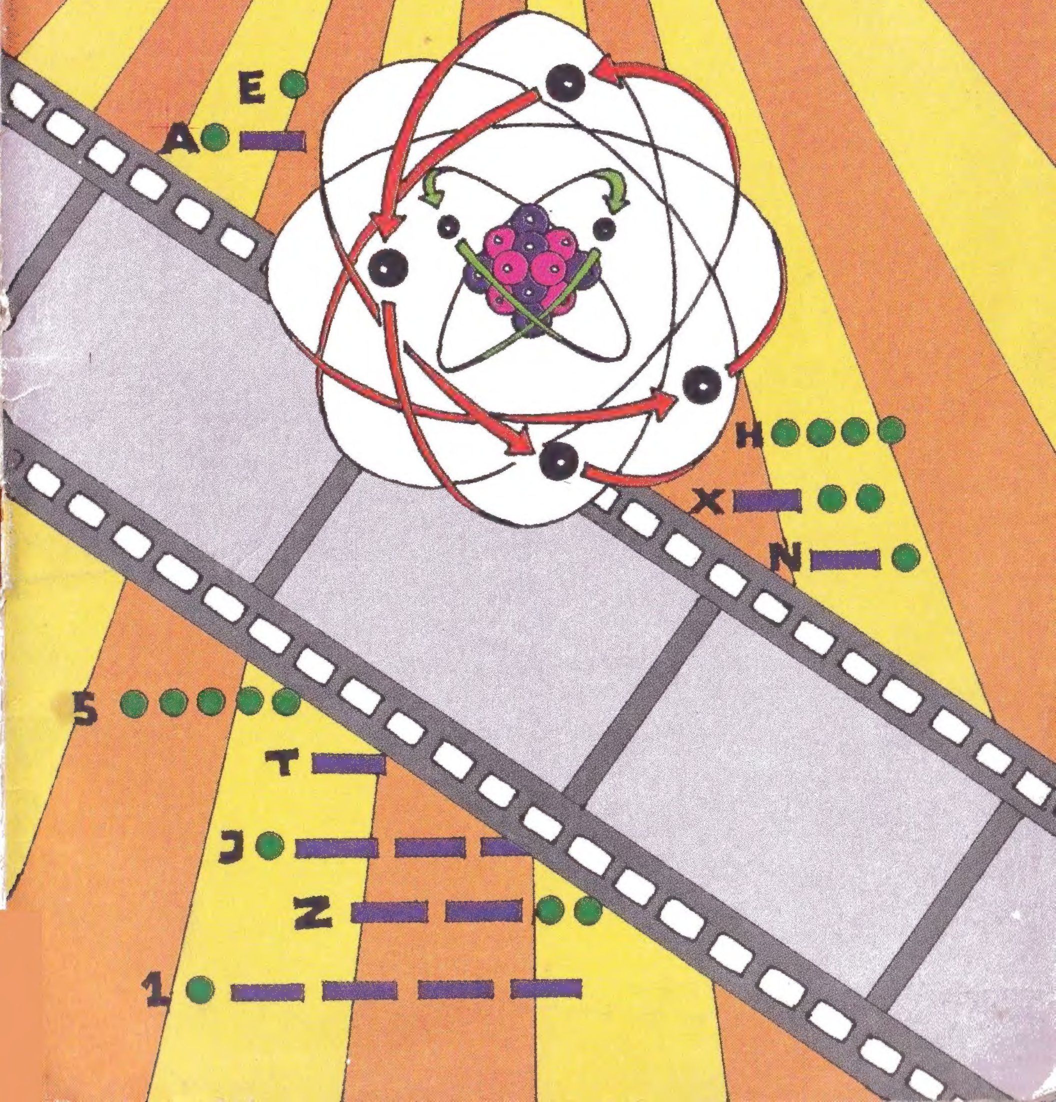
शोधांची वाटचाल

रमेश के. सहस्त्रबुद्धे



शोधांची वाटचाल

❑

रमेश के. सहस्त्रबुद्धे

❑

❑

❑

पुष्पक प्रकाशन, पुणे

पहिली आवृत्ती :
डिसेंबर १९९९

दुसरी आवृत्ती :
मार्च २००२

❒

मुद्रक-प्रकाशक :
ह. ल. निपुणगे
पुष्पक प्रकाशन
३८१ अ/१ शनिवार पेठ,
पुणे - ४११ ०३०

❒

© पुष्पक प्रकाशन, पुणे

❒

मुखपृष्ठ व आतील चित्रे
सुधा मोने

❒

संगणकीय अक्षरजुळणी :
मे. ए. एन. खुर्जेकर
५९४ नारायण पेठ
पुणे - ४११ ०३०.

❒

मुद्रणस्थळ :
जंगम ऑफसेट प्रा. लि.
२५/१० नांदेड फाटा, पुणे ४११ ०४१.

□

संदेशवाहक तारायंत्र

□

मानवी जीवनात संदेशवहनाला फार पुरातन काळापासून अतिशय महत्त्व आहे. आज दळणवळणाची असंख्य साधने मानवाने आपल्या ज्ञानाच्या जोरावर उपलब्ध करून घेतली असली, तरी पुरातन काळी ती फारशी अस्तित्वात नव्हती. त्याचप्रमाणे यांत्रिक वाहने पण पूर्वीच्या काळी मानवास ज्ञात नसल्याने दूरवरच्या प्रदेशात संदेश, निरोप पोचविणे हे अत्यंत कष्टदायक काम असे. त्यासाठी खूप कालावधी लागे. इतके करूनही विस्तृत संदेश पाठविणे शक्य नसे. त्यामुळे तातडीच्या संदेशवहनासाठी फार पूर्वीच्या काळापासून मानव निरनिराळ्या युक्त्या योजित आलेला आहे.

ट्रॉय शहराचा पाडाव झाल्याचे वृत्त आपल्या पत्नीला कळविण्यासाठी एका ग्रीक योद्धयाने फार मजेशीर संदेशवहन योजना आखली होती. पाचशे मैल लांब असलेल्या आपल्या पत्नीला हे आनंदाचे वृत्त मिळावे, म्हणून त्याने एका ओळीत वाटेतील टेकड्या, डोंगरांच्या टोकावर लाकूड, गवताच्या सहाय्याने खूप मोठा जाळ करून हा संदेश पोचवण्याची व्यवस्था केली होती. ट्रॉयनजिकच्या टेकडीवर प्रथम मोठा जाळ करण्यात आला. तो पाहताच पुढच्या टेकडीवरील लोकांनी जाळ केला. अशा रीतीने अल्पावधीतच हा संदेश पोचविण्यात आला. ही घटना ख्रिस्तपूर्व अकराव्या शतकातील आहे. त्यानंतर अनेकांनी ही युक्ती वापरून संदेश पाठविले. मात्र या पद्धतीने पूर्वी ठरलेला संदेशच पाठविणे शक्य होई.

त्यानंतर इतिहासकाळात तोफांचे आवाजाच्या साह्याने दूरवर संदेश पोचविला जाई. खुद्द शिवाजीमहाराजांच्या काळातही अशी पद्धत आस्तित्वात होती. पन्हाळगडाहून शिवाजी महाराजांनी विशालगडाकडे जेव्हा – तेव्हा पावनखिंडीत शत्रूला थोपविण्याचे काम शूरवीर बाजीप्रभू देशपांडे यांच्याकडे सोपविण्यात आले होते – महाराज विशालगडावर सुखरूप पोचल्याची बातमी, संदेश तोफांचा आवाज करून देण्यात

यावयाची होती. हा तोफांचा आवाज येईपर्यंत या शूरवीराने पावनखिंड लढविली आणि तोफांचा आवाज येताच आनंदाने प्राण सोडला. या ठिकाणी नियोजित संदेश दूरवर पोचविण्यासाठी दूरवर ऐकू जाणाऱ्या आवाजाचा उपयोग करण्यात आला होता.

विद्युत संदेशाची कल्पना

जोराने धावत जाणाऱ्या दूतांद्वारा लांबवर संदेश पोचविणे, त्यासाठी घोडेस्वार, सांडणीस्वार यांचा वापर करणे, फार काय कबूतर, कुत्रे, घोडे यांच्या साह्याने लांबवर संदेश पोचविण्याचे मार्गही माणसाने हाताळले; पण हे मार्ग खात्रीलायक नव्हते, वेळ घेणारे होते आणि खूप लांबवर म्हणजे एका खंडातून दुसऱ्या खंडात संदेश पाठविणे, तर या पद्धतीने जवळजवळ अशक्यप्रायच होते. इसवी सन १६८४ मध्ये इंग्लिश वैज्ञानिक डॉ. रॉबर्ट हूक याने संदेशवहनाची एक नवीन शक्कल काढली. एका टेकडीवरून दुसऱ्या टेकडीवर खूप मोठ्या अक्षरांच्या साह्याने संदेश विस्तृतपणे पाठविण्याची ही योजना होती. अशा पद्धतीने टेम्स नदीच्या एका तीरावरून दुसऱ्या तीरावर संदेश पाठविण्यात त्याला यशही मिळाले होते; पण त्यानंतर या योजनेचा प्रत्यक्षात वापर असा केला गेलाच नाही. प्रत्यक्षात विद्युत संदेश पाठविण्याची कल्पना १७५३ मध्ये एकाने स्कॉट मासिकातून मांडली होती. सव्वीस विद्युततारांचा वापर करून व त्याद्वारे एकेक मुळाक्षर धरून विद्युत संदेश पाठविण्याची ही कल्पना होती. या तारांतील विद्युतभाराच्या साह्याने एका छोट्या चेंडूच्या आकाराच्या विद्युतभारीत यंत्राकडे संबंधित मुळाक्षर लिहिलेले कागद आकर्षित होतील व त्यावरून संदेश ग्रहण केला जाईल, अशी ही कल्पना होती.

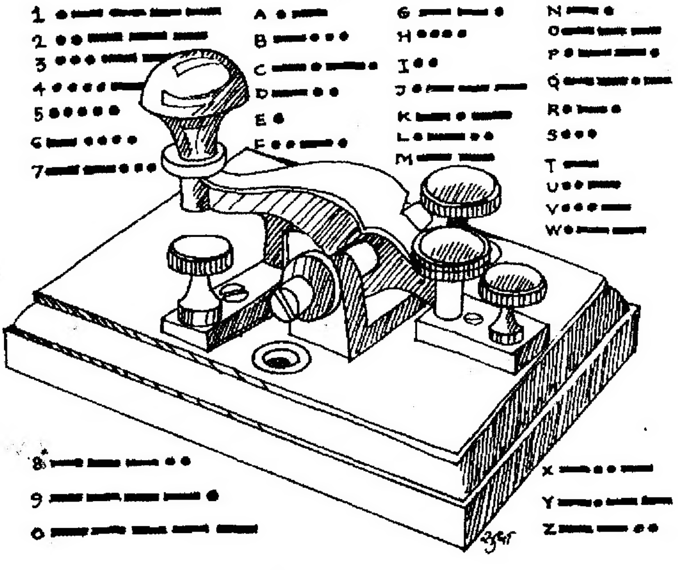
प्रकाशीय तारायंत्राचा शोध

१७९४ मध्ये क्लॉड चॅपे या माणसाने प्रकाशीय तारायंत्राचा शोध लावला. एका खांबावरील दोन हलत्या भुजांच्या साह्याने काही आकडे दर्शविले जात. हे आकडे काही शब्द सुचवीत. त्याद्वारे मग संदेश स्पष्ट होई. याच यंत्राच्या साह्याने फ्रान्सच्या, ब्रिटन, हॉलंड आणि रशिया यांच्याबरोबर झालेल्या युद्धासंबंधीच्या बातम्या साखळी केंद्राद्वारे देण्यात आल्या होत्या.

या यंत्राला सीमाफोर टेलिग्राफ (Semaphore Telegraph) म्हणत. याच्या साह्याने, दूतांपेक्षा जलद गतीने संदेशवहन करता येई. टेलिग्राफ उर्फ तारायंत्र या नावाचा जनकही चॅपेच. ग्रीक भाषेत टेलिग्राफ म्हणजे दूरवरचे लेखन (Writing at a distance) असा अर्थ आहे. १८९६ पर्यंत ब्रिटनमध्ये या यंत्राच्या साह्याने लंडन आणि किनारी भाग यांच्यात दळणवळण संबंध प्रस्थापित करण्यात आले व त्यासाठी सीमाफोर स्थानके पण बांधण्यात आली.

विद्युत तारायंत्राचा जन्म

१८०४ मध्ये फ्रॉन्सिस्को साल्वा याने विद्युत तारायंत्र (Electric Telegraph) चा वापर केला. त्याची कल्पना स्कॉट मासिकातील लेखाबर-हुकूम होती. अलेस्सांड्रो व्होल्टा या वैज्ञानिकाची विजेरी वापरून एक किलोमीटर अंतरापर्यंत संदेशवहन करणे त्याला जमले. आम्लयुक्त पाण्यात बुडविलेल्या विद्युत तारांतून वीजप्रवाह वाहिल्यानंतर निर्माण होणाऱ्या विवक्षित तारांतील बुडबुड्यावरून मुळाक्षरे ठरविली जात. १८१२ मध्ये शक्तिशाली विजेरीच्या साह्याने तारांद्वारा दोन मैल लांबवर संदेश



पाठविण्यात डॉक्टर सॅम्युअल वॉन सॉमरिंग या म्युनिचच्या वैज्ञानिकाला यश मिळाले. त्याच्या या यशापासून अनेकांनी तारांद्वारा संदेशवहनाच्या कार्यात सहभाग घेतला.

१८२८ च्या सुमारास बॅटॉन शिलिंग याने चुंबकिय तारायंत्र बनविले. यात तारेतून वाहणाऱ्या विद्युतप्रवाहामुळे चुंबकीय सूची हलून एका कार्डावर काढलेल्या काळ्या व पांढऱ्या खुणांवरून फिरायची. काळ्या आणि पांढऱ्या खुणांवर सूची हलली, फिरली तर एक मुळाक्षर, काळ्या, काळ्या आणि पांढऱ्या खुणांवर सूची फिरली, तर दुसरे आद्याक्षर अशी एक सांकेतिक लिपी बॅरॉनने बसविलेली होती. त्याच्या साह्याने मग संदेशग्रहण करता येई. इंग्लिश प्रोफेसर चार्लस व्हिटस्टोन याने या यंत्रात छोटीशी सुधारणा केली. त्याद्वारा चुंबकसूची एका तबकडीवर फिरे. या तबकडीवर आकडे आणि मुळाक्षरे लिहिलेली असत. सूची ज्या मुळाक्षरासमोर फिरेल ती वाचून संदेश ग्रहण करता येई. यासाठी थोडा वेळ लागला, तरी त्याची उपयुक्तता पाहून रेल्वेने मात्र बराच काळ या यंत्राचा वापर संदेशवहनासाठी केला; पण खऱ्या अर्थाने आधुनिक तारायंत्राचा शोध लावला, तो मात्र सॅम्युअल मोर्स नावाच्या संशोधकाने. विशेष म्हणजे हा संशोधक पूर्वायुष्यात एक चित्रकार होता. केवळ योगायोगाने तो नंतरच्या काळात संशोधनक्षेत्राकडे वळला होता.

चित्रकाराचा संशोधक झाला

सॅम्युअलचा जन्म एका सुसंस्कृत कुटुंबात झाला. त्याचे वडील अमेरिकेचे लोकप्रिय राष्ट्राध्यक्ष जॉर्ज वॉशिंग्टन यांचे समकालीन असून, त्यांचे ग्रंथकर्तृत्व असामान्य होते. सॅम्युअलला लहानपणी सृष्टीसौंदर्य न्याहाळण्याचे विशेष आकर्षण होते. त्यापोटी मग तो कागदावर सुंदर चित्रे चितारू लागला. चित्रकलेतील प्राविण्यानंतर ही स्वारी शिल्पकलेकडे आकर्षित झाली. मग येल येथील विद्यापीठातील पदवी संपादन करून, सॅम्युअल मोर्स उच्च शिक्षणासाठी इंग्लंडला गेला. तेथे त्याने विख्यात चित्रकार गिल्बर्ट स्टुअर्टच्या मार्गदर्शनाखाली चित्रकलेचे धडे गिरवले. १८२४ मध्ये सॅम्युअल अमेरिकेत परत आला. त्यानंतर तो परत युरोपच्या दौऱ्यावर गेला आणि

परत येताना जहाजावर तारायंत्र शोधण्याच्या वेडाने सॅम्युअलला पूर्णपणे झपाटले. त्यातूनच मग चित्रकाराचा संशोधक झाला.

जहाजावरचा शोध

या जहाजाचे नाव होते 'सॅली.' याच जहाजावर चार्ल्स जॅक्सन नावाचा एक डॉक्टर होता. पॅरिसमधील आपल्या वास्तव्यात त्याने एक विद्युत चुंबक मिळविला होता. या नवीन वस्तूसंबंधी तो बोटीवरील उतारूंना अनेक अद्भूत कथा सांगत असे. चाळीस वर्षे वयाचा चित्रकार सॅम्युअल मोर्सही याच जहाजात होता. त्याने जॅक्सनजवळील वस्तूकडे नीट पाहिले. मग त्याच्या मनात अचानकपणे विचारांची गर्दी झाली. कॉलेजमध्ये असताना जेरे मिहडे यांनी शिकवलेले विद्युतशास्त्रातील प्रयोग त्याला आठवू लागले. फॅरेडेच्या स्मृतीपणे विजेच्या साह्याने संदेश पोचविता येणार नाही का आपल्याला ? हा विचार त्याच्या मनात ठाण मांडून बसला. १८३२ मध्ये ही गोष्ट घडली. सबंध प्रवासात सॅम्युअलचा यासंबंधीचा विचार चालला होता. त्याच्या ड्रॉइंगच्या वहीत आता किचकट आकृत्या निघू लागल्या. लोखंडी पट्टी, सरकती फीत, ठिपके व रेषा यांनी युक्त असणारा विद्युत चुंबक जर आपणास करता आला तरच ही गोष्ट शक्य होईल, असे त्याचे ठाम मत झाले.

जहाज न्यूयॉर्कला पोचल्यावर सॅम्युअल मोठ्या आनंदाने 'सली' जहाजाच्या कप्तानाकडे गेला आणि मोठ्या विश्वासाने म्हणाला, 'कॅप्टन, विजेच्या तारेने दूरवर संदेश पाठविण्याबाबत तू कधी ऐकले आहेस का ? बहुधा नसेलच; पण पुढे जर अशा यंत्राचा शोध लागल्याचे तुझ्या कानी आले, तर समज की हा शोध तुझ्याच जहाजावर जन्माला आला होता आणि त्याचा जनक मी होतो.' सॅम्युअलच्या या धीट उद्‌गारामुळे विस्मयित होऊन कॅप्टन त्याच्याकडे बराच वेळ नुसता पाहतच राहिला.

मोर्सची संकेतावली

अमेरिकेत परत आल्यावर मोर्सने पोटापाण्यासाठी कलाध्यापकाची नोकरी मिळविली. दिवसा कला आणि रात्री फावल्या वेळी विज्ञानाचा अभ्यास करण्यास त्याने नेटाने सुरुवात केली. एवढेच नव्हे, तर तारेने संदेश

पाठविण्यासाठी एक संकेतावली (Code) पण तयार केली. अहोरात्र श्रम आणि संपत्ती खर्च करून त्याने संदेश प्रक्षेपणासाठी आवश्यक अशी उपकरणे तयार केली. मोर्सच्या या उत्साहाने चकित होऊन त्याचा मित्र डॉक्टर गिल याने आपल्या महाविद्यालयाच्या प्रयोगशाळेत प्रयोग करण्यासाठी मग सॅम्युअलला प्रोत्साहन दिले आणि आपल्यापरी मार्गदर्शनही केले. याच क्षेत्रात काम केलेल्या जोसेफ हेन्री या वैज्ञानिकाशी गिल याने सॅम्युअल मोर्सची ओळख करून दिली. हेन्रीने मोर्सला मनःपूर्वक मार्गदर्शन केले. एवढेच नव्हे, तर संदेशवहनासाठी आपण स्वतः टाकलेल्या तारायंत्रातील तारही त्याने मोर्सला दाखविली. या तारेतून वीज वाहू लागताच विद्युतचुंबक बनवणारी लोखंडी पट्टी झोके घेऊन, जवळ बसविलेल्या तासावर आदळून आवाज काढी. या आवाजावर आधारित अशी एक संकेतलिपी हेन्रीने बनविलेली होती. तीपण त्याने मोर्सला समजावून सांगितली. भावी काळात आपल्या संकेतलिपीत सुधारणा करण्याच्या दृष्टीने तिचा मोर्सला फायदा झाला.

यशस्वी संदेशग्रहण

१८३६ मध्ये मोर्स याने सर्व दृष्टीने परिपूर्ण असे तारायंत्र बनविले. हा शोध लोकांपुढे ठेवणे ही गोष्ट आता अत्यंत महत्त्वाची होती; परंतु त्यासाठी आर्थिक पाठबळ आवश्यक होते. मोर्सजवळ पैसा तर नव्हताच; परंतु सरकार दरबारी आवश्यक तेवढे वजनही नव्हते; परंतु तरीसुद्धा न डगमगता त्याचे चिकाटीने प्रयत्न चालूच होते. अखेर त्याने एक श्रीमंत कारखानदाराच्या मुलाला, आल्फ्रेड व्हेलला गाठले. मार्सच्या यंत्राच्या साह्याने आपणास व्यापार वाढविता येईल, अशी खात्री पटल्याने त्याने प्रयोगासाठी मोर्सला दोन हजार डॉलरची मदत केली; पण लोकांनी आल्फ्रेडचे याबाबत कान फुंकले, ही उगीचच पैशाची उधळपट्टी असल्याचे त्याच्या मनावर इतरांनी बिंबविले; परंतु अखेरीस मिळवलेल्या आर्थिक पाठबळावर १८३८ मध्ये मोर्सचे तारायंत्र पूर्ण झाले. २४ जानेवारी १८३८ रोजी अनेक प्रमुख व्यक्तींच्या उपस्थितीत न्यूयॉर्क विश्वविद्यालयाच्या सभागृहात या यंत्राद्वारा संदेश पाठविण्याचे प्रात्यक्षिक आयोजित करण्यात

आले. मोर्सने स्वतः केलेल्या संकेतावलीच्या साह्याने हा संदेश पाठविण्यात येणार होता. आल्फरेड व्हेल आणि त्याचे वडील पण या प्रात्यक्षिकास उपस्थित होते. तारायंत्राद्वारा कोणता संदेश, पाठवायचा असे व्हेलने वडिलांना विचारले. 'धीमेपणाने काम करणारा कधी हरत नसतो.' हा संदेश देण्यास त्याने वडिलांना सांगितले. मोर्सने चोवीस व्यक्तींच्या उपस्थितीत हा संदेश यशस्वीपणे पाठवून दाखविला.

उपाशीपोटी संशोधन

तथापि, या शोधाला सार्वजनिक महत्त्व मिळाल्याखेरीज त्याचा व्यवहारात उपयोग होणे अशक्यच होते. त्यासाठी मोर्सने गावोगावी दौरे काढून, आपल्या तारायंत्राचे प्रात्यक्षिक दाखवून त्याचे महत्त्व जनतेस पटवून देण्यास सुरुवात केली; पण लोकांनी मोर्सची थट्टाच केली. एक नवीन शास्त्रीय खेळणे एवढ्या मर्यादित अर्थानेच लोकांनी या शोधाचे स्वागत केले. हे सारे करत असतानाच यापूर्वीच मोर्सने आपल्या या शोधाचे पेटंट मिळविले होते. लोकांच्या उपयोगात हा शोध प्रामुख्याने येणे मोर्सला अत्यंत आवश्यक वाटत होते. त्यादृष्टीने त्याने तत्कालीन काँग्रेससमोर आपली एक योजना मांडून तिला मदत करण्याचे आवाहन केले. त्याबरोबरच मोठमोठ्या व्यापाऱ्यांच्या घरी जाऊन, त्यांना शोधाचे प्रात्यक्षिक दाखवून, या शोधाचा त्यांना आपल्या धंद्यात फायदा कसा होईल हे पण त्याने पटवून देण्यास सुरुवात केली. या खटाटोपात सॅम्युअल मोर्सजवळील सर्व पैसा संपून गेला; पण लोक त्याच्या शोधाचे महत्त्व समजेनात. साहजिकपणेच या शोधाच्या लोकप्रियतेसाठी मोर्स करत असलेल्या खटाटोपास आर्थिक साह्य देण्यास कोणी पुढे येईना. बिचाऱ्या मोर्सची आता उपासमार होऊ लागली, तेव्हा चरितार्थासाठी त्याने पुनश्च आपल्या कलेचाच आसरा घेण्याचे ठरविले. पैसे मिळविण्यासाठी, जेवणाचा प्रश्न सोडविण्यासाठी, त्याने चित्रकलेचा क्लास सुरू केला. त्यापासून मिळणारे तुटपुंजे पैसे पण पोटापेक्षा तारायंत्रात सुधारणा करण्यासाठी सॅम्युअल खर्च करी. त्यामुळे त्याची उपासमार कायमच होती. कधी कधी तर दोन-तीन दिवस उपाशी असे; पण आपल्या तारायंत्राच्या प्रेमापोटी त्याने

हे पण सहन केले आणि तारायंत्रात सुधारणा करणे चालूच ठेवले.

एके दिवशी चार दिवसांच्या भुकेला सॅम्युअल मोर्स दोन घास पोटात जावेत म्हणून आपल्या एका विद्यार्थ्याकडे गेला. स्ट्रोदर हे त्या विद्यार्थ्याचे नाव. त्याला काकुळतीने मोर्सने दहा डॉलर्स मागितले. त्यावर दहा डॉलर्स आपण पुढील आठवड्यात देऊ असे स्ट्रोदरने सांगताच मोर्स खेदाने म्हणाला, 'स्ट्रोदर, बहुधा तोपर्यंत मी मरूनसुद्धा जाईन.' हे वाक्य ऐकून स्ट्रोदर गहिवरला. त्याला खानावळीत नेऊन त्याने आपल्या समवेत जेवण दिले. पोटभर खाल्ल्यानंतर मोर्स त्याला म्हणाला, 'स्ट्रोदर आज चार दिवसानंतर मी प्रथमच पोटभर जेवलो; पण तुला एक सांगतो, उपासमार झाली तरी हरकत नाही; पण तारायंत्र मी लोकप्रिय करणारच. अरे, जगाला त्याचा खूप उपयोग आहे. मग मला चिकाटी सोडून कसे चालेल ? '

देवाने किमया केली

अखेर मोर्सच्या चिकाटीस फळे येण्याची चिन्हे दिसू लागली. ओ. जे. स्मिथ नावाचा एक धनाढ्य व्यापारी त्याला आर्थिक मदत देण्यास तयार झाला. विशेष म्हणजे कॉंग्रेसनेपण एका ठरावाद्वारे वॉशिंग्टन ते बाल्टीमोर एक तारायंत्रवाहिनी टाकण्याचे काम मोर्सवर सोपविले. एवढेच नव्हे तर त्याच्यासाठीच्या वीस हजार डॉलर्सच्या खर्चास पण मंजुरी दिली. या घटनेने मोर्स आणि त्याचे मित्र खूपच उल्हासित झाले.

त्याचे स्वप्न प्रत्यक्षात उतरविण्याची ही सुवर्णसंधीच; परंतु या तारा कशा टाकाव्या याची कोणालाच कल्पना नव्हती. प्रथम जमिनीखालून तारा नेण्याचा त्यांनी प्रयत्न केला; परंतु मग मात्र त्यांनी खांबावरून या तारा नेण्यास सुरुवात केली. कारण त्यांना सर्व दृष्टीने हेच संयुक्तिक वाटले. तारायंत्र वाहिनी घालण्याचे काम पूर्ण झाल्यावर २४ मे १८४४ रोजी तारायंत्राच्या साह्याने संदेश वॉशिंग्टनहून बाल्टीमोरला पाठविण्याचे प्रात्यक्षिक करून दाखविण्याचे मोर्सने ठरविले. मोर्सची शिष्या ॲनी एल्सवर्थने सुप्रीम कोर्टाच्या एका खोलीतून 'देवाने किमया केली (What Hath God Wrought) हे शब्द तारायंत्राच्या साह्याने बाल्टिमोर येथे व्हेलकडे पाठविले. त्याने या शब्दाचे स्वागत करून हेच शब्द ॲनीकडे

पाठविले. असंख्य प्रतिष्ठित अशा लोकांच्या समोर अशा रीतीने तारायंत्राच्या साह्याने दूरवर संदेश पाठविण्याचे प्रात्यक्षिक यशस्वी झाल्यावर मात्र मग सगळीकडून मोर्सवर अभिनंदनाचा वर्षाव झाला.

या आनंदाच्या प्रसंगी अतिशय खूष होऊन आपल्या या शोधाच्या पेटंटचे सारे हक्क सॅम्युअलने अमेरिकन सरकारला देऊ केले; पण या शोधामुळे फायदा तर राहोच; पण तारा घालण्याचा खर्चदेखील निघणार नाही, अशा समजुतीने सरकारने या गोष्टीस साभार नकार दिला. परिणामी तारायंत्राचा सर्वत्र वापर मोठ्या प्रमाणावर करण्याविषयीचा निर्णय घेण्याला अमेरिकन सरकारला खूपच काळ लागला. यानंतर तारायंत्रात आणखी सुधारणा घडवून आणून मोर्सने न्यूयॉर्क ते फिलाडेल्फिया ही दोन शहरे तारायंत्राने जोडली. या कामगिरीवर खूष होऊन अनेक राष्ट्रांनी मोर्सचा पारितोषिके देऊन सन्मान केला. १८४६ मध्ये मोर्सच्या मार्गदर्शनाखाली अमेरिकेत दोन हजार किलोमीटर्स लांबीची टेलिग्राफ तार टाकण्यात आली. यानंतर मोर्सने समुद्रात केबल्स टाकण्याचे काम हाती घेतले. त्यासाठी तो स्वतः सागरनौकेत बसून या कामावर जातीने देखरेख करीत असे; पण अटलांटिक महासागरात तारा टाकण्याचे काम अतिशय अवघड होते. म्हणून या कामात इंग्लंड व अमेरिकेच्या नाविक दलांनी पण मदत केली.

अखेर अनंत अडचणींना तोंड देत १८६६ मध्ये हे अवघड काम पूर्ण झाले. मग आयर्लंडच्या नैर्ऋत्य टोकाला असलेल्या व्हॅलेन्टिना उपसागरातून सुरू झालेली तार न्यू फाउन्डलंडपर्यंत पोचविण्यात आली. अशा रीतीने मग अटलांटिक समुद्र पार करून युरोप अमेरिकेशी तारायंत्राने जोडला गेला. मोर्सच्या शिरपेचात आणखीन एक मानाचा तुरा या कामगिरीमुळे खोवला गेला. त्यानंतर इतर अनेक महासागरात तारा टाकण्यात येऊन जगातील अनेक देश एकमेकांना तारायंत्राने जोडण्यात आले. १८७० मध्ये इंग्लंड व भारत हे दोन देश सागरात तारा टाकून तारायंत्राने जोडले गेले.

मोर्सच्या कट्टऽऽकडूऽऽ भाषेतील संदेश आवाजाच्या साह्याने ऐकून समजावून घेण्याच्या तंत्रात नंतर बऱ्याच सुधारणा झाल्या. एडिसन या थोर

वैज्ञानिकाने तारायंत्र आणि नव्यानेच शोध लागलेले टंकलेखन यांचे एकत्रीकरण करून टेलेटाइप यंत्राची निर्मिती केली. त्यानंतर हे यंत्र बऱ्याच वृत्तपत्रांच्या कचेऱ्यात बसविण्यात आले. तारायंत्रांच्या टिंब आणि आडव्या रेघांच्या खुणांचे विद्युत स्पंदनात रूपांतर करून त्याद्वारा टंकलेखन यंत्राच्या कळा कार्यरत होऊन सरळ लिहिलेला संदेश मिळण्याची सोय एडिसनने उपलब्ध करून दिल्याचा खूपच फायदा झाला. नंतर या यंत्रातही अनेक सुधारणा होऊन एका मिनिटात ३००० शब्द जगाच्या कोणत्याही कोपऱ्यात पोचविण्याची सोय उपलब्ध झाली. दिवसेंदिवस या तंत्रात आणखी सुधारणा होत आहेत.

दळणवळणात क्रांती

आपल्या तारायंत्राच्या साह्याने मोर्सने प्रथमच साऱ्या जगाच्या दळणवळणात मोठीच क्रांती घडवून आणली. आज नानाविध सुधारित तारायंत्रांच्या द्वारा जगाच्या कोणत्याही दोन शहरात क्षणार्धात संदेशवहन करता येते. त्यामुळे लांबवर पसरलेले जगातील अनेक देश दळणवळण साधनांनी व तारायंत्राच्या साह्याने अगदी जवळ आले आहेत. जगात घडणाऱ्या घडामोडींची माहिती साऱ्याच देशांना अगदी अल्पावधीत आज उपलब्ध होऊ शकते. त्यामुळेच जगभरचे दळणवळण आणि संदेशवहन सहज शक्य करणाऱ्या मोर्सच्या तारायंत्राने वैज्ञानिक जगतात एकच क्रांती निर्माण केली. म्हणूनच या शोधाला फारच महत्त्व आहे. २७ एप्रिल १९७४ रोजी तारायंत्राचा जनक सॅम्युअल मोर्स याचे निधन झाले; पण त्याने जगाला दिलेली तारायंत्राची देणगी आजही दिमाखाने कार्यरत आहे.

□ □ □

□

छायाचित्रण कला

□

फोटोग्राफी उर्फ छायाचित्रण कला आज साऱ्या जगभर मान्यता पावलेली आहे. कॅमेऱ्याच्या साह्याने आज सहजपणे बहुरंगी निसर्गाचे हुबेहुब चित्रण करता येते. विवाहासारखा आयुष्यातील महत्त्वाचा प्रसंग जसाच्या तसा टिपून ठेवता येतो. कोणत्याही आनंदमयी समारंभाची, कार्यक्रमाची आठवण वर्षानुवर्षे जपायची असली तरी छायाचित्राद्वारा ही गोष्ट साध्य होते. दंगे, धोपे, मारामाऱ्या यांचे फोटोही अनेकदा बरेच काही सांगून जातात. चोरांचे, खून्यांचे, हरवलेल्यांचे छायाचित्र बऱ्याच गोष्टींवर प्रकाश पाडू शकते. एखादा बोलका फोटो बरेच काही सांगून जातो की जे अनेक ओळी लिहून सुद्धा समर्थपणे सांगता येत नाही. टेलिकॅमेऱ्याद्वारा लांबूनही एखाद्या नयनमनोहर पक्ष्याचे छायाचित्र टिपता येते. सूक्ष्मदर्शी कॅमेऱ्याच्या सहाय्याने अगदी सूक्ष्म अशी जीवसृष्टी फोटोत बद्ध करता येते, जीवजंतूंचा शोध घेता येतो. अंतराळातील कृत्रिम उपग्रहात बसविलेल्या कॅमेऱ्याच्या सहाय्याने अज्ञात अशा ग्रहाची माहिती करून घेता येते ती त्याने काढलेल्या फोटोद्वाराच. फार काय शरीरांतर्गत भागांचेही अवलोकन एक्सरे फोटोग्राफीने करता येते.

बरेचदा अनेक मंडळी प्रौढ वयात आपल्या आयुष्यात घडलेल्या नानाविध प्रसंगी घेतलेली छायाचित्रे पहात आपला भूतकाळ डोळ्यांसमोर उभा करू शकतात. लहानपणी आपण कसे दिसत होतो, तरुणपणी त्यात काय बदल झाला, आणि आताची परिस्थितीही आपण या फोटोद्वारे न्याहाळू शकतो. आपल्या आयुष्यात जी मित्रमंडळी आली, आपण ज्या विविध ठिकाणांना भेटी देऊन आनंद उपभोगला या साऱ्या गोष्टी त्यावेळची छायाचित्रे बघून आपण पुनश्च आठवू शकतो. थोडक्यात काय तर फोटोच्या सहाय्याने आपला सारा भूतकाळ आपण वर्तमानकाळातही बघू शकतो. छायाचित्रावरून अनेक गोष्टी शिकताही येतात. विज्ञानातही फोटोंचा खूप उपयोग होतो. आणि म्हणूनच छायाचित्रण कला ही महत्त्वपूर्ण मानली जाते.

छायाचित्रणाचा इतिहास

छायाचित्रणाचा इतिहास फार जुना पण तितकाच मनोरंजकही आहे. नवव्या शतकाच्या अखेरीस अरबांना कॅमेऱ्याची ऑप्टीकल तत्त्वे माहित असावीत. कारण तत्कालीन खगोलशास्त्रज्ञांनी सूर्याच्या रोजच्या स्थितीच्या नोंदी एका विशिष्ट कॅमेऱ्याद्वारा केलेल्या होत्या. याच उपकरणाच्या सहाय्याने त्यांनी ग्रहणाच्या व सूर्यावरील डागांच्या नोंदी केलेल्या होत्या. १३ व्या शतकात रॉजर बेकन या इंग्लिश वैज्ञानिकाने अरब खगोलशास्त्रज्ञांच्या नोंदीच्या अनुषंगाने काही संशोधन केले होते. अरबांच्या या कॅमेऱ्यास कॅमेरा ऑबक्यूरा असे लॅटीन नाव होते. लिओनार्दो द व्हिन्सी याच्या नोटबुकात या उपकरणाचे वर्णन आढळते. या कॅमेऱ्यात एखाद्या वस्तूचे उलटे चित्र दिसत असे.

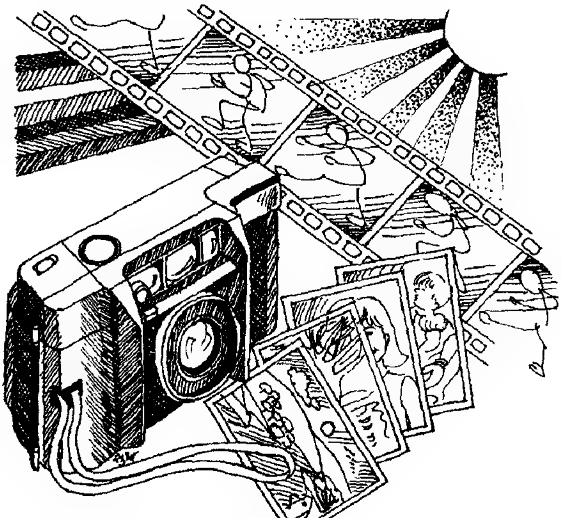
हा कॅमेरा म्हणजे एक मोठी अंधारी खोली असे. या अंधाऱ्या खोलीच्या समोरील भिंतीवर मधोमध एक छोटेसे छिद्र पाडलेले असे. या छिद्रातून आत येणारे प्रकाश किरण खोलीच्या मागील भिंतीवर अथवा पडद्यावर बाहेरील वस्तूची खरी परंतु उलटी प्रतिमा निर्माण करत. या प्रतिमांवरून मग गिरवून चित्रकार चित्रे काढीत. पुढे सुधारणा होत होत या खोलीचा आकार हळूहळू लहान होत गेला. मग या खोलीची जागा चारही बाजू बंद असलेल्या खोक्याने घेतली. हे खोके एका जागेवरून दुसऱ्या जागी सहजपणे हलविता येत असे. त्याकाळी या खोक्याचे धूड डोक्यावर घेऊन अनेक चित्रकार कमाई करीत हिंडत असत. प्रामुख्याने सतराव्या शतकात असल्या चित्रकारांचा बराचसा सुळसुळाट झालेला होता. मात्र या शतकाच्या अखेरीस या पद्धतीत क्रांतिकारक बदल झाला. लहान छिद्राऐवजी बहिर्गोल भिंगाचा त्यात उपयोग करण्यात येऊ लागला. परिणामी प्रतिमा स्पष्ट आणि सुबक दिसू लागली. प्रतिमेचा उजळपणा कमी जास्त करण्यासाठी भिंगासमोर एक पडदा बसविण्यात आला. त्यामुळे भिंगासमोर एक लहान मोठे करता येण्याजोगे छिद्र तयार झाले. या कॅमेऱ्याच्या सहाय्याने चित्रकारांना चित्रे ट्रेसिंग करून काढावी लागत. कारण प्रतिमा कायम स्वरूपात जतन करून ठेवण्याचे कोणतेही साधन त्याकाळी उपलब्ध नव्हते.

चांदीच्या क्षारांवर सूर्यप्रकाश पडल्यामुळे ते काळे पडतात ही गोष्ट

वैज्ञानिक जोहान शुल्झ याने १७२७ मध्ये शोधून काढली. कार्बोनेटसूबरोबर आम्लराजच्या होणाऱ्या अभिक्रियांवर त्याचे काही प्रयोग चालले होते. कार्बोनेट पावडरवर सूर्यप्रकाश पडताच त्याचा पृष्ठभाग काळपट पडल्याचे त्याला आढळले. मग त्याने अपारदर्शक कागदावर काही आकार व नक्षी कापल्या. कार्बोनेटची भुकटी आणि चांदीचे क्षार यांच्या पसरलेल्या थरावर ते कागद ठेवून त्यावर सूर्यप्रकाश पाडताच या कापलेल्या आकाराची नक्षी कार्बोनेटच्या थरावर स्पष्टपणे उमटली. पुढे डॉक्टर विल्यम लेविसने सिल्व्हर नायट्रेटवर अनेक प्रयोग केले. १७७७ मध्ये कार्ल शिल याने वेगवेगळ्या रंगांचा सिल्व्हर नायट्रेट काळे पडण्यावर कसकसा परिणाम होतो ते दाखवून दिले.

जगातील पहिला फोटोग्राफर

थॉमस वेजवूड याच्या मग असे लक्षात आले की, सिल्व्हर नायट्रेटपेक्षा सिल्व्हर क्लोराईड अधिक संवेदनाक्षम असल्याने त्याच्या वापराने प्रतिमा उमटण्यास कमी वेळ लागतो. डेव्ही वेजवूड यांनी कागदावर प्रतिमा उमटविण्यात यश मिळविले खरे, पण त्यावर प्रकाश पडला की हा भागही काळा पडे. सूर्यप्रकाश न पडलेले सिल्व्हर नायट्रेट कागदावरून धुवून काढण्यात त्यांना यश आले नाही. कॅमेऱ्यात मिळणाऱ्या प्रतिमा कायम



करण्यात पहिले यश प्राप्त झाले ते एका फ्रेंच माणसाला. जोसेफ निप्स हे त्यांचे नाव. त्यानेच जगातील पहिला फोटो १९२६ च्या सुमारास काढला. एका ट्यूटर प्लेटवर चांदीच्या क्षारांचा लेप देऊन ती प्लेट त्याने कॅमेऱ्यात भरली. तीवर सुमारे आठ तास कॅमेऱ्यात प्रकाश पडू दिला. त्यानंतरच त्यास जगातील पहिला फोटोग्राफ मिळाला.

वास्तविक हा जोसेफ निप्स धर्मकारणाकडेच वळायचा. कारण त्याच्या वडिलांची तशीच इच्छा होती. पण फ्रेंच राज्यक्रांतीमुळे हे महाशय सैन्यात गेले. तेथे प्रकृती ठीक रहात नाही असे पाहून सैन्यातून माघार घेऊन ते वयाच्या तिशीनंतर विज्ञानाकडे वळले. वेजवूडच्या संशोधनाच्या आधारे त्याने पुढील संशोधनास सुरुवात केली. अखेर दीर्घ प्रयत्नांती त्याच्या चिकाटीस फळ येऊन पॉझिटिव्ह म्हणजे खरेखुरे छायाचित्र मिळविण्याची पद्धत त्याला मिळाली. एक प्रकारच्या लव्हेन्डर तेलात विरघळणाऱ्या डांबराचा त्याने त्यासाठी उपयोग केला. हे मिश्रण प्रकाशात ठेवले असता त्यातील डांबर विरघळत नसे. ज्या ठिकाणी प्रकाशाचा परिणाम झाला, त्या ठिकाणचे डांबर तसेच राहिले. बाकीचे डांबर लव्हेन्डर तेलाने धुवून टाकण्यात आले. अशा तऱ्हेने मिळालेल्या निगेटीव्हवर आयोडिनचा एक थर देण्यात आला. त्यामुळे मूळचे डांबर नाहीसे होऊन चांदीच्या पत्र्यावर मातट रंगाची पॉझिटिव्ह म्हणजे नैसर्गिक प्रतिमा मिळाली. या पद्धतीने काढण्यात आलेली छायाचित्रे आजही म्युझियममध्ये जतन करून ठेवण्यात आलेली आहेत.

टॅबोल्टचे संशोधन

यासर्व घडामोडींना समांतर घडामोडी याच सुमारास इतरत्रही चाललेल्या होत्या. विल्यम हेन्री फॉक्स टॅबोल्ट या पस्तीशीतल्या घरंदाज तरुणाने वैज्ञानिक प्रयोगांना सुरुवात केली. टॅबोल्ट याने शिक्षण संपल्यानंतर राजकारणात पाऊल टाकले होते. तेथे कंटाळा आल्यावर या महाशयांना वैज्ञानिक क्षेत्रात काहीतरी करून दाखविण्याची जिद्द निर्माण झाली होती. रसायनांच्या सहाय्याने प्रतिमा चित्रित करण्याकडे त्याने आपले लक्ष केंद्रित केले. डेव्ही-वेजवूडच्या शोध निबंधावरून त्याने १८३३ मध्ये आपल्या प्रयोगांना सुरुवात केली. सिल्व्हर नायट्रेटच्या थरावर सोडियम क्लोराईडच्या द्रावणाचा थर देऊन त्याने प्रयोग केले. या प्रक्रियेतून निर्माण होणारे सिल्व्हर

क्लोराईड हे इतर रसायनांपेक्षा अधिक संवेदनाक्षम असल्याचे त्याला आढळले. त्याचप्रमाणे सूर्यप्रकाश न पडलेले क्षार मिठाच्या द्रावणाने धुवून काढता येतात हेही त्याने जाणले आणि प्रयत्नांनी प्रतिमा कायम स्वरूपात मिळविण्यात त्याने यश मिळविले. या कागदावर १८३५ मध्ये त्याने आपल्या घराचा फोटो यशस्वीपणे काढला. पुढे त्याने शोध निबंध लिहून या क्रियेला फोटोजनिक ड्रॉईंग हे नाव दिले.

अशा रीतीने छायाचित्रणाच्या दोन पद्धती अस्तित्वात आल्या. धातूच्या पत्र्यावर प्रतिमा घेण्याच्या पद्धतीला 'ॲग्युएरा' पद्धत म्हणत. ही पद्धत फ्रान्समध्ये प्रचलित होती, तर इंग्लंडमध्ये प्रचलित असलेल्या कागदावर प्रतिमा घेण्याच्या पद्धतीला टॅबोल्ट पद्धत म्हणत.

डॉग्यूरची पद्धत

१८२४ मध्ये पस्तीशीतल्या एका तरुणाने जोसेफ निप्स याला पत्र लिहून आपल्या संशोधनाची माहिती देण्याची विनंती केली. परंतु हा तरुण आपली गुपिते बळकावेल या संशयाने निप्सने त्याच्या पत्रांची अजिबात दखल घेतली नाही. मात्र हा तरुण त्याचा पिच्छा अजिबात सोडेना. सूर्यप्रकाशाने तयार झालेली प्रतिमा बंदिस्त करण्याच्या वेडाने त्याला एवढे झपाटले की, त्यामुळे त्याची पत्नी चिंताग्रस्त झाली. आपल्या नवऱ्याला वेड तर लागले नाहीना म्हणून तिने एका वैद्याचा सल्लाही घेतला होता, परंतु हा तरुण वेडा नसल्याचे सिद्ध झाले. त्याला संशोधन वेडाने झपाटले होते. त्याने निप्सचा पाठपुरावा सोडला नाही. अखेर त्याच्या चिकाटीला यश येऊन निप्सने त्याच्याशी भागिदारी केली. पण त्यांच्या प्रयत्नास यश येईना.

अखेर या तरुणाने निप्सच्या पद्धतीचा नाद सोडून वेगळाच मार्ग पत्करला. त्याच्या प्रयोगांनी तत्कालिन ज्योतिष विशारद ॲरागो अतिशय प्रभावी झाला. त्याने या तरुणाची गृहमंत्र्यांकडे शिफारस केली. या तरुणाचे नाव होते, लुई डॉग्यूर. या फ्रेंच वैज्ञानिकाने चांगल्या दर्जाची छायाचित्रे मिळविण्याचे तंत्र शोधून काढले. त्याच्या तंत्राने काढलेल्या छायाचित्रांना 'डॉग्युरोटाईप' चित्रे असे म्हटले जाई. तांब्याच्या पाटीवर सिल्व्हर आयोडाईडचा थर देऊन ही पाटी तो कॅमेऱ्यामध्ये काही मिनिटांसाठी एक्सपोज करत असे. मग पाण्याच्या वाफेवर ती डेव्हलप करून तो उत्तम दर्जाची छायाचित्रे मिळवीत असे. १९

ऑगस्ट १८३९ रोजी डॉग्यूरने या आपल्या तंत्राचे प्रात्यक्षिक पॅरीसला दाखविले. परिणामी त्याला सरकारतर्फे वार्षिक सहा हजार फ्रॅन्क्सचे मानधन मिळू लागले. डॉग्यूरच्या तंत्रामध्ये काही अडचणी होत्या. यात एकाच छायाचित्राच्या प्रती काढण्याची सोय नव्हती. त्यामुळे एखाद्या माणसास अनेक छायाचित्रे हवी असल्यास अनेक वेळा त्यास कॅमेऱ्यापुढे पुनः पुनः बसावे लागे. या पद्धतीत प्रतिमा आरशाप्रमाणे उलट्या उमटत. त्यामुळे फोटोतील अक्षरे उलटी दिसत. डॉग्यूरच्या पद्धतीत फारशी सुधारणा न होता, त्याच्या मृत्यूनंतर ही पद्धत चक्क मागे पडली.

बिच्चारा बायर्ड

याच सुमारास अर्थ खात्यातील एका सामान्य कारकूनाने फोटो काढण्याच्या प्रक्रियेत यश मिळविले. हिपोलाईट बायर्ड हे त्याचे नाव. त्याने कागद अमोनियम क्लोराईडमध्ये बुडवून सुकवला. त्यावर सिल्व्हर नायट्रेटचा थर देऊन हा कागद प्रथम प्रकाशात काळा केला जाई. मग पोटॅशियम आयोडाईडमध्ये बुडवून तो ओला असतानाच कॅमेऱ्यात घालून वापरला जाई. ज्या भागावर प्रकाश पडे तो भाग पांढरा होई आणि सध्याच्या पॉझिटिव्हप्रमाणे दिसू लागे. बायर्डने २४ जून १८३२ रोजी आपल्या प्रयोगाचे जाहीर प्रदर्शन केले. परंतु त्याला सरकारकडून डॉग्यूरप्रमाणे प्रतिसाद मिळाला नाही. याची तो आयुष्यभर खंत बाळगून होता. त्यामुळेच त्याच्या मनात सरकारबद्दल कायमची अढी निर्माण झाली होती. बिच्चारा बायर्ड !

फॉक्स टॅबोल्ट यानेही अधिक संशोधनांती आपल्या आधीच्या प्रक्रियेत सुधारणा केल्या. त्याने कागद गॅलिक ॲसिड आणि सिल्व्हर नायट्रेटने ओला करून एक्स्पोझ करण्यास सुरुवात केली. काही मिनिटात गॅलिक ॲसिड आणि सिल्व्हर नायट्रेटने प्रतिमा धुतली जाई. या प्रतिमेचा निगेटिव्हसारखा वापर करून दुसरा तशीच प्रक्रिया केलेला कोरा कागद वापरून त्याची पॉझिटिव्ह प्रत काढली जाई. या एका प्रतिमेच्या अनेक प्रति या पद्धतीमुळे काढता येऊ लागल्या. टॅबोल्ट याने आपले संशोधन १० जून १८४१ रोजी रॉयल सोसायटीच्या सदस्यांपुढे मांडले. या पद्धतीला त्यावेळी कॅलोटाईप हे नाव होते. आजही छायाचित्रणात या निगेटिव्ह-पॉझिटिव्ह तंत्राचा उपयोग होत आहे. म्हणूनच टॅबोल्ट याला आधुनिक छायाचित्रणाचा जनक म्हणून संबोधले जाते.

त्याने निगेटिव्ह मिळविण्यासाठी कागद वापरला. पुढे त्याची जागा काचेने घेतली. त्यानंतर प्रगती होत होत आज मात्र त्यासाठी सेल्युलॉईड फिल्म वापरली जाते. खगोल शास्त्रज्ञ सर जॉन हर्शल याने प्रथम फोटाग्राफी हा शब्द रूढ केला. फार काय, पण निगेटिव्ह, पॉझिटिव्ह हे शब्द पण त्यानेच सुचविले. आजही हे शब्द सर्वत्र रूढ आहेत.

त्यानंतर अनेक वैज्ञानिकांनी टॅबोल्टच्या प्रक्रियेत सुधारणा करून आणल्या. निप्सचा पुतण्या व्हिल्टर याचे या संदर्भात नाव घेणे क्रमप्राप्त होते. फ्रेडरिक आर्थर याने ही क्लोडियन प्रक्रिया शोधून काढली. १८८८ मध्ये जॉर्ज इस्टमन याने कोडॅक बॉक्स कॅमेरा बाजारात आणला. कंपनीच या कॅमेऱ्यात फिल्म भरून द्यायची. संपूर्ण फिल्म एक्स्पोझ करून झाल्यावर कंपनीतच ती धुवून छायाचित्रे तयार केली जात. त्यानंतर छायाचित्रकारांना स्वतःला हाताळता येण्याजोगी फिल्म रोलच्या स्वरूपात मिळू लागली. आणि हा रोल स्वतःच घरी धुणेही शक्य झाले. त्याचबरोबर कॅमेरा व त्याच्या लेन्समध्येही संशोधनांती अधिकाधिक सुधारणा होत जाऊन, परिणामी चांगली छायाचित्रे घेणे सुलभ झाले.

रंगीत छायाचित्रण

रंगीत छायाचित्रणाच्या प्रयोगांना त्यानंतर गती मिळाली. सूर्याच्या किरणात सात रंगांचे मिश्रण आहे हे न्यूटनने जगताला ज्ञात करून दिलेच होते. प्रकाशाच्या बाबतीत तांबडा, हिरवा, निळा हे मूळ रंग असतात आणि त्यांच्या कमी जास्त प्रमाणातील मिश्रणाने नैसर्गिक रंग दिसतात याचाही वैज्ञानिकांनी शोध लावला. सूर्यप्रकाशात वेगवेगळ्या तरंग लांबीचे किरण असतात. एखाद्या पदार्थावर प्रकाश पडतो तेव्हा त्यातील काही विशिष्ट तरंग लांबीचे किरण शोषले जातात. तेवढे रंग पदार्थातून गाळले जाऊन आलेले रंग डोळ्यांना दिसतात. सर्व रंगांचे मिश्रण करण्यासाठी तीन वेगवेगळे फिल्टर वापरून तीन निगेटिव्ह काढल्या गेल्या. त्यापासून मग पुढे रंगीत पॉझिटिव्ह उर्फ रंगीत फोटोग्राफ घेता येऊ लागले. वेगवेगळ्या निगेटिव्हज काढणे गैरसोयीचे वाटल्याने एकाच फिल्मवर वेगवेगळे थर देऊन एकच निगेटिव्हचे प्रयत्न सुरू झाले. ल्युमीअर बंधू व आग्फा कंपनीने रंगीत फोटो क्षेत्रात खूपच यश मिळविले.

डोळ्यांना दिसणाऱ्या किरणांच्या पाठोपाठ डोळ्याला न दिसणाऱ्या अल्ट्रा

व्हायोलेट, इन्फ्रारेड हे किरण शोषू शकणारी रसायने निगेटिव्हसाठी वापरून छायाचित्रणाचे प्रयोग यशस्वी झाले. अंधाऱ्या खोलीत बसविलेल्या माणसाचा इन्फ्रारेड किरणांच्या सहाय्याने फोटो काढण्याइतपत वैज्ञानिकांनी प्रगती साधली. लेसर किरणांच्या शोधाने अंतराळ संशोधन व छायाचित्रणाचे नवीनच दालन उघडले गेले. राक्षसी आकारमानाचे छायाचित्रण तसेच सूक्ष्मातीसूक्ष्म वस्तूंचे छायाचित्रणही प्रगत झाले. संगणकाच्या सहाय्याने वस्तूच्या त्रिमित आकाराच्या विविध कोनातून दिसणाऱ्या प्रतिमाही मिळविण्यात माणसाने यश मिळविले. स्थिर चित्रणाबरोबर चलत चित्रणाची घोडदौडही वैज्ञानिकांनी मारली. लगेचच फोटो देणाऱ्या पोलराईड पद्धतीचा शोध लागला. उपग्रहात बसविलेल्या कॅमेऱ्याने फोटो काढून तो पृथ्वीवर पाठविता येण्याचे तंत्रज्ञान साध्य झाले. इतकी आज छायाचित्रणाच्या तंत्रात प्रगती झालेली आहे.

स्वयंचलित कॅमेरे

१९६० साली इलेक्ट्रॉनिक युगास सुरुवात झाल्यापासून छायाचित्रण कलेतही खूपच सुधारणा झाल्या. ॲटोमॅटिक कॅमेऱ्यांची निर्मिती झाली असून त्यात चांगला फोटो येण्यासाठी आवश्यक प्रकाश कितपत असावा, ॲपरचर काय असावे, अंतर किती असावे, आदी सर्व गोष्टी आपोआप सेट केल्या जातात. माणसाने फक्त व्ह्यू फाईंडरमधून बघून बटण दाबायचे म्हणजे झाले. फिल्म गुंडाळण्याचे कामही हल्लीच्या सुधारलेल्या कॅमेऱ्यात आपोआप होते.

तर असा आहे फोटोग्राफी उर्फ छायाचित्रण कलेचा इतिहास. या शोधाची बीजे जरी अरबांच्या ऑबक्यूरा कॅमेऱ्यात असली तरी प्रत्यक्षात गेल्या दोन शतकातच खऱ्या अर्थाने हे शास्त्र प्रगत झाले असे म्हणावे लागते. फोटोग्राफीची कला ही आजच्या विज्ञानयुगास मिळालेली एक अमोल देणगीच आहे. आज अगदी लहान मुलगाही एखादा छोटासा ॲटोमॅटिक कॅमेरा आपल्या हातात घेतो, आपल्या आईवडिलांना समोर उभे राहण्यास सांगतो, 'स्टेडी प्लीज' अशा सहज सूचना देतो आणि क्षणार्धात त्यांच्या छब्या कॅमेऱ्यात बंद करतो. आपल्या आई-वडिलांचे असे घेतलेले छायाचित्र जन्मभर त्याला आई-वडिलांचे अस्तित्व भासमान करते. खरंच, जोसेफ निप्स, लुई डॉग्यूर आणि फॉक्स टॅबोल्ट यांचे वैज्ञानिक जग छायाचित्रण कलेच्या शोधाबाबत कायम ऋणीच राहील यात शंका नाही.

□ □ □

□

अणुऊर्जा

□

प्राचीन भारतीय वैज्ञानिकांना अणुऊर्जेची फार पुरातन काळापासून माहिती असावी. इसवी सनापूर्वी सहाशे वर्षे आधी महर्षी कणादांना अणूमध्ये साठविलेल्या प्रचंड ऊर्जेची माहिती होती असे म्हणतात. तरी पण खऱ्या अर्थाने मानवाला अणुऊर्जा ही विसाव्या शतकात मिळालेली देणगी आहे. युरेनियमसारख्या जड मूलद्रव्यांच्या अणूच्या अंगी प्रचंड अशी सुप्तशक्ती असते याची वैज्ञानिकांना माहिती झाल्यावर अणुगर्भ फोडण्याच्या मागे ते लागले. अणुगर्भ फोडण्यात मानवाला ज्यावेळी यश मिळाले त्याचदिवशी त्याच्या हाती अणुऊर्जेचा प्रचंड खजिना आला. अणुगर्भ फोडून अणुऊर्जा निर्माण होते, त्याचप्रमाणे अणूमध्ये जर संयोगीकरण घडविले तरीही अणुशक्ती निर्माण होते याची पण मानवाला जाणीव झाली. जगदविख्यात वैज्ञानिक अल्बर्ट आईन्स्टाईन याने वस्तुमान आणि ऊर्जा यामधील संबंध दर्शविणारे $E\text{-}MC^2$ हे लहानसे समीकरण मांडले. मात्र अणुगर्भातील या प्रचंड शक्तीचा प्रथम वापर दुसऱ्या महायुद्धात संहारासाठी झाला. तेव्हा अणूवैज्ञानिकांसह सारे जग कारुण्याने गहिवरले. आणि त्यानंतर प्रामुख्याने अणुऊर्जेचा उपयोग शांततेसाठी, मानवी कल्याणासाठी करण्याच्या दिशेने वैज्ञानिकांची पावले पडली.

'पदार्थांचे अंतिम घटक जे कण ते जरी अतिसूक्ष्म असले तरी त्यांच्यामध्ये प्रचंड शक्ती साठलेली आहे. तेव्हा अशा कणांचे भजन करण्याचा प्रयत्न केल्यास भजकाला त्याबद्दल पश्चाताप करण्याची पाळी आल्याशिवाय राहणार नाही.' असे भाकित इसवीसनापूर्वी पाचव्या शतकात अणुविच्छेदनाची कल्पना असलेल्या कणाद मुनींनी केले होते. कणाद उलुप काश्यप हे कणादांचे संपूर्ण नाव. प्रत्येक वस्तू ही अत्यंत सूक्ष्म व अभेद्य अशा परमाणूंची असून हे परमाणू विशेष गुणांनी युक्त असतात असे कणादांनी त्या काळात सांगितले होते. सर्व ब्रह्मांड हे कणाकणांचे

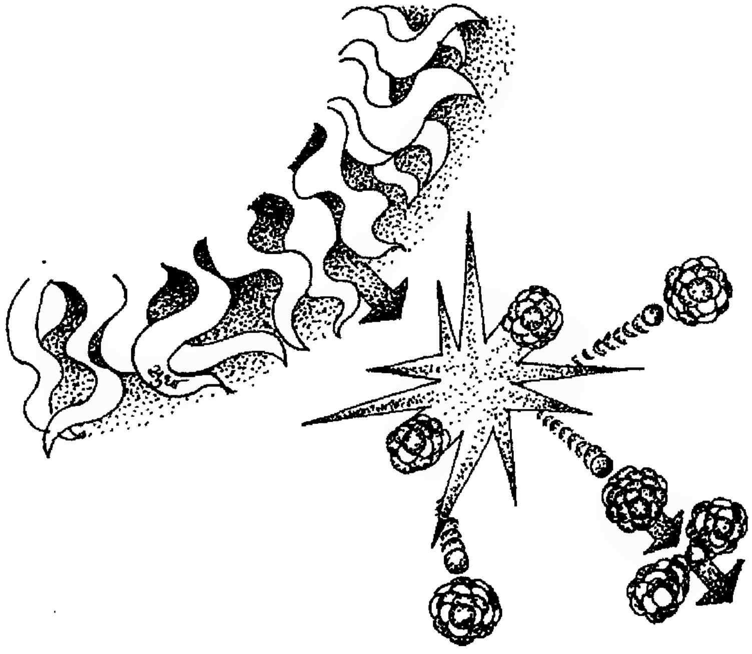
बनलेले आहे असे कणाद मुनी म्हणत. त्यांच्या मते जगात कोणत्याही दोन पदार्थात सारखेपण असले तरी ते सारखे नसतात. प्रत्येकात एकप्रकारचा विशिष्टपणा असतो. तर असे ते कणाद मुनी. ते ज्या काळात जन्मले त्या काळात त्यांनी अणुभंजनाबद्दल जे विचार व्यक्त केले ते उलगडण्यासाठी मानवाला हजारो वर्षे वाट पहावी लागली.

त्यानंतर इंग्रज वैज्ञानिक जॉन डाल्टन याने १८३२ मध्ये आपला अणुसिद्धांत मांडला. त्याच्यामते, रासायनिक क्रियेत भाग घेणाऱ्या पदार्थाच्या अंतिम कणाला अणू असे म्हणतात. कोणत्याही मौलातील सर्व अणू समान असतात. अणूतील परस्पर आकर्षणामुळेच रासायनिकक्रिया घडून येतात असे मत त्याने मांडले. इंग्लंडमधल्या एका छोट्याशा खेड्यात एका हातमाग मजूराच्या पोटी डाल्टनचा जन्म झाला. त्याला गावकरी बालगणिती म्हणून ओळखत. त्याने शाळा सुरू केली, विज्ञानमंडळेही स्थापन केली. डाल्टनचे महत्वपूर्ण काम म्हणजे त्याने पदार्थाच्या अंतिम घटकाविषयीचे गूढ रेखीव स्वरूपात व सुसंगतवार मांडले. यालाच अणुसिद्धांत म्हणतात. अणूचे सापेक्ष वजन ठरविण्याचे कार्यही डाल्टनने केले. मग त्याने अणुभाराचा तक्ता तयार करण्याचे काम हाती घेतले. त्याने ठरविलेले निरनिराळ्या अणूंचे वजन मात्र म्हणावे तितके बिनचूक नव्हते. हैड्रोजन वायूच्या अणूला त्याने एक हे वजन देऊन इतर अणूंचे वजन एकाच्या पटीत ठरविले. जॉन डाल्टनच्या अणुसिद्धांतामुळे पदार्थविज्ञान आणि रसायन या शाखांना जवळ आणण्याचे काम होऊ शकले. एवढेच नव्हे तर त्याच्या सिद्धांतामुळे या शांखांना बांधेसूदपणा व काटेकोरपणा येऊ शकला.

प्रशियातील लेनप या गावी २७ मार्च १८४५ मध्ये जन्मलेल्या विल्यम रॉन्टजेन याने क्ष किरणांचा शोध लावला. प्रयोगात त्याला असे आढळले की, कॅथोड किरण नलिकेतून काही अदृश्य लहरी बाहेर पडतात. त्या हाडे, शिशाचा पत्रा आदी पदार्थाशिवाय इतर पदार्थातून आरपार जातात. त्याचप्रमाणे झिंकसल्फाईड, बेरियम प्लॅटिनोसायनाइड यासारखे पदार्थ या लहरींच्या आघाताने चकाकतात. त्याने या किरणांना क्ष किरण नाव दिले.

या शोधामुळे आजच्या अणुयुगाचे दालनही मानवास खुले झाले. या प्रयोगाच्या अनुरोधाने हेन्री बेक्वेरेल या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने केलेल्या प्रयोगातून युरेनियमच्या किरणोत्सर्गाचा त्याला शोध लागला. युरेनियमसारख्या जड मौलांच्या गाभ्यातून अल्फा, बीटा कण व गॅमा किरण यांचा उत्स्फूर्त उत्सार होत असल्याचे दिसून आले. त्यामुळे अणूच्या अंतरंगाविषयीचे मानवाचे कुतूहल वाढीस लागले. तसेच अल्फा व बीटाकण बाहेर पडल्यामुळे मूळ मौलांच्या अणूंचे दुसऱ्या एका मौलाच्या अणूत निसर्गतःच रूपांतर घडून येते असे सिद्ध झाले.

बेक्वेरेलच्या शोधाने मेरी क्यूरी व पेरी क्यूरी या दांपत्त्याला अधिक संशोधन करण्याची प्रेरणा दिली. त्यांनी अपार कष्ट सोसून पोलोनियम व रेडियम ही नवीन मूलद्रव्ये शोधून काढली. जगातील वैज्ञानिक या शोधामुळे हादरले. आता त्यांना निसर्गातील मूलद्रव्ये, त्यांचे स्वभाव, गुणधर्म याबद्दलच्या कल्पना बदलून टाकाव्या लागणार होत्या. रेडियमचे गुणधर्मही अद्‌भूत होते. अर्नेस्ट रुदरफोर्ड या सुताराच्या मुलाने युरेनियम व रेडियम



यांच्या अधिक संशोधनावर आपले लक्ष केंद्रीत केले. रेडियम आणि त्यापासून निघणाऱ्या किरणांनी साऱ्या जगातील वैज्ञानिक चकीत झाले होते. पण जेव्हा 'हे किरण पकडून त्यांच्यापासून दहा हजार अश्वशक्ती एवढे काम करून घेता येईल.' असे अर्नेस्ट म्हणू लागला तेव्हा वैज्ञानिक बुचकळ्यात पडले. अर्नेस्ट रुदरफोर्डने केलेला अणुशक्तीचा हा पहिला वहिला उल्लेख होता. फ्रेडरिक सॉडी याच्या सहकार्याने किरणोत्सारी पदार्थासंबंधी रुदरफोर्डने आणखी संशोधन करून १९०२ मध्ये आपला क्रांतिकारक सिद्धांत मांडला तो असा- कोणत्याही किरणोत्सारी पदार्थातून जी प्रारणे बाहेर पडतात ती त्याच्या अणुगर्भाचे उत्स्फूर्तपणे विघटन होऊन बाहेर पडतात आणि त्यामुळे त्या मूलद्रव्याचे रूपांतर दुसऱ्या मूलद्रव्यात होते. आपल्या संशोधनाबद्दल अर्नेस्टला अवघ्या सदतिसाव्या वर्षी जागतिक कीर्तीचे नोबेल पारितोषिक मिळाले.

रुदरफोर्डने १९११ साली आपले बुद्धिमान शिष्य हेन्री मोस्ले व नील्स बोहर यांच्या सहकार्याने अणुरचनेचे व अणुगर्भाचे स्पष्ट व खुलासेवार चित्र वैज्ञानिक जगापुढे मांडले. बोहर-रुदरफोर्ड मॉडेल या नावाने ही अणुगर्भाची कल्पना आता सर्वमान्य झाली आहे. अणूच्या मध्यभागी प्रोटॉन कणांचे बनलेले अत्यंत सघन अणुगर्भ व त्याभोवती ग्रहांप्रमाणे भ्रमण करणारे इलेक्ट्रॉन असे चित्र त्याने रंगविले. १९१९ साली एका महत्त्वपूर्ण अशा बैठकीला अनुपस्थित राहण्याबद्दल रुदरफोर्डला जाब विचारण्यात आला. तेव्हा तोंडावर बोट ठेवून तो म्हणाला, 'शूऽऽ, हळू बोला. अणूचा भंग होईल. तो कृत्रिमरित्या करता येईल. यासंबंधीच्या प्रयोगात मी गुंतलो आहे. हे प्रयोग जर यशस्वी झाले तर प्रत्यक्ष महायुद्धांपेक्षाही मोठी बाब मानावी लागेल. अर्नेस्ट रुदरफोर्डने अणूच्या गर्भावर इतर अण्विक कणांचा मारा करून तो फोडून दाखविला.

नील्स बोहर या वैज्ञानिकाने १९१३ साली अणुरचनेच्या मुलभूत सिद्धांताचा शोध लावला होता. बोहर मॉडेल या नावाने तो प्रसिद्ध आहे. त्याने सांगितलेल्या अणुरचनेच्या सिद्धांतामुळे रसायनशास्त्र, विद्युतशास्त्र व अणुऊर्जा दालनातील अनेक रहस्ये उलगडणे सोपे झाले. बोहरच्या

अणुरचनेच्या मुलभूत सिद्धांताचे सुरुवातीस फारसे स्वागत झाले नसले, तरी या कामाबद्दल तब्बल नऊ वर्षांनी मात्र त्याला नोबेल पुरस्कार प्राप्त झाला. हे पारितोषिक त्याने वयाच्या सदतिसाव्या वर्षी मिळविले.

१९३२ साली चॅडविक याने न्युट्रॉन कणांचा शोध लावला. मग एन्रिको फर्मी व त्याच्या सहकाऱ्यांनी न्युट्रॉन कणांच्या मदतीने अनेक अणुगर्भ क्रिया यशस्वीपणे करून दाखविल्या. या प्रक्रियातून सामान्यतः मूळ मौलाच्या नंतरचे किंवा जवळपासचे नवे मौल तयार होत असल्याचे आढळून आले. फर्मीने हाच धागा पकडून युरेनियमवर न्युट्रॉनचा मारा करण्याचे प्रयोग सुरू केले. ओटो हान यांनी याबाबत अधिक संशोधन करून आपले निष्कर्ष वैज्ञानिकांसमोर मांडले. परंतु युरेनियमच्या अणूचे भंजन होऊन त्याची समान आकाराची दोन शकले होतात असे मत व्यक्त करण्याचे धाडस त्याच्याने झाले नाही. पण त्याची सहकारी लिझ् मायटनर हिने मात्र हे धाडस दाखविले. तिचा भाचा ऑटो फ्रिश याने नंतर या प्रक्रियेला ‘ फिशन ’ असे नाव दिले. अणुभंजनाच्या शोधाचा पाया हान व स्ट्रासमन यांनी १९३८ साली केलेल्या रासायनिक प्रयोगांमुळे घातला गेला. त्याबद्दल प्रा. हान यांना पुढे नोबेल पुरस्कारही मिळाला.

न्युट्रॉन कणांच्या आघाताने युरेनियमच्या अणूंचे भंजन होऊन भंजन क्रियेत ऊर्जेबरोबर काही ज्यादा न्यूट्रॉन कणांचा उत्सार होतो हे पण आढळून आले. अमेरिकेत सुप्रसिद्ध वैज्ञानिक लिओ झिआर्ड यांनी प्रथम याविषयीचे प्रयोग सुरू केले. तेव्हा अशा उपलब्ध न्यूट्रॉनमुळे अनेक अणूंच्या भंजनाची साखळी प्रक्रियां साध्य होऊन प्रचंड व विध्वंसक स्वरूपात ऊर्जेचा उद्रेक होऊ शकेल ही गोष्ट त्यांना समजली. अणुविच्छेदनात साखळी प्रक्रिया नियंत्रित करण्यात फर्मीने यश मिळविले. या ज्ञानाचा उपयोग करून अणुबॉम्ब तयार करण्याच्या कल्पनेला मग चालना मिळाली. जर्मनी व जपान यांना काबूत आणण्यासाठी हाच एकमेव लष्करी उपाय अधिकाऱ्यांना दिसत होता. अखेर अणुबॉम्ब तयार करण्यासाठी अमेरिका तयार झाली. जर्मनी व इटलीतून परागंदा होऊन अमेरिकेत आसरा घेतलेल्या असंख्य वैज्ञानिकांच्या मदतीने ही गोष्ट साध्य करण्याचे ठरविले

गेले. फर्मी त्यातला अग्रणी होता.

१९४२ साली शिकागो युनिव्हर्सिटीच्या अणुविच्छेदन विभागाचा प्रमुख ऑर्थर कॉम्पटन याने नॅशनल डिफेन्स रिसर्च कमिशनचे डॉ. जेम्स कॉनेट यांना एक गूढ संदेश दूरध्वनीवरून दिला. वरवर अत्यंत साध्या वाटणाऱ्या या संदेशात फार मोठा आशय भरलेला होता. संदेश असा होता-इटालियन नौकाचालक नव्या जगाच्या किनाऱ्यास लागला. तेथील स्थानिक लोक दोस्तीस चांगले असल्याचे त्याला आढळले. त्याच्या अपेक्षेपेक्षा हे जग लहान आहे.' खरं तर हा संदेश साखळी प्रक्रियेने अणुविच्छेदन यशस्वी झाल्याचा होता. संदेशातील 'लहान जग'चा गर्भित अर्थ होता 'अतिशय थोडे युरेनियम प्रयोगासाठी लागले.' 'दोस्तीस चांगले स्थानिक लोक' याचा अर्थ होता. 'विच्छेदनाची कृती नियंत्रणाखाली केली.' आणि 'इटालियन नौकाचालक' याचा अर्थ होता 'या प्रयोगाचा सूत्रधार एन्रिको फर्मी' हा शास्त्रज्ञ होता. अणुविच्छेदनात साखळी प्रक्रिया आणणे व ही सारी गोष्ट नियंत्रणाखाली करणे अशा दोन उद्देशांनी हा प्रयोग करण्यासाठी डॉक्टर फर्मी याने युरेनियमचीच निवड केली होती. युरेनियममधील अणूचा रचनाबंध सर्वाधिक अस्थिर असल्यामुळे त्याचे विच्छेदन सुलभ होते हा या मागील हेतू होता. युरेनियमचा अणूच्या विच्छेदनात मुक्त झालेल्या न्यूट्रॉनची गती संथ करण्यासाठी ग्राफाईटचा उपयोग करण्यात आला होता. तसेच कॅडमियमच्या काड्या पण वापरण्यात आल्या होत्या. संपूर्ण नियंत्रणाखाली हा प्रयोग यशस्वी झाला होता.

अमेरिकन वैज्ञानिकांच्या प्रयत्नांना यश येऊन रॉबर्ट ओपेनहायमरने अणुबॉम्बला जन्म दिला. त्याची चाचणी न्यू मेक्सिकोच्या दक्षिणेकडील वाळवंटात १६ जुलै १९४५ रोजी घेण्यात आली. स्फोट होताच आकाश व सभोवतालचा आसमंत प्रकाशाने उजळून निघाला. प्रचंड गडगडाट होऊन दाबाची मोठी लाट उसळली. अणुबॉम्ब स्फोटाचे हे विराट दर्शन पाहून खुद्द रॉबर्टसह सारे वैज्ञानिक क्षणभर हादरले. अखेर ६ ऑगस्ट १९४५ रोजी जपानच्या हिरोशिमा शहरावर अणुबॉम्ब टाकण्यात आला. त्याच्या स्फोटाने या शहराचे सारे जीवन उध्वस्त झाले. आणि अणुऊर्जेची

भयानक शक्ती जगाला दिसली. हा विध्वंस पाहून रॉबर्ट ओपेनहायमरचे हृदय गलबलून गेले. अणुबॉम्बच्या विध्वंसाने त्याच्या मनात निर्माण झालेल्या मानसिक संघर्षामुळे त्याच्या आयुष्याचे पुढे धिंडवडे निघाले.

अणुबॉम्बची विध्वंसक शक्ती पाहिल्यावर अणुभट्ट्या बांधून अणूऊर्जेच्या सहाय्याने जनित्रे चालवून विद्युत्निर्मिती करणारी अणुवीज केंद्रे स्थापण्याच्या दृष्टीने वैज्ञानिकांच्या हालचाली सुरू झाल्या.

अणुबॉम्बच्या उद्रेकापर्यंतची वाटचाल पाहिल्यावर आता आपण अणूऊर्जेचे स्वरूप नीट कळण्यासाठी थोडी तांत्रिक चर्चा करू. पृथ्वी, ग्रह, तारे आदी ज्यांचे बनलेले आहेत त्यांना वस्तू म्हणतात. सर्व वस्तू अशा काही थोड्या शुद्ध द्रव्यांच्या बनलेल्या असतात की त्या अधिक साध्या द्रव्यात विभागता येत नाहीत. अशा शुद्ध द्रव्यांना मूलद्रव्ये म्हणतात. नैसर्गिक मूलद्रव्यात सर्वात हलके मूलद्रव्य हायड्रोजन तर सर्वात जड यूरेनियम होय. ज्यावेळेंस मूलद्रव्ये एकत्रित होऊन जोडली जातात त्यावेळेस त्यापासून एक नवाच पदार्थ तयार होतो. त्याला संयुग म्हणतात. लोखंडासारख्या एखाद्या मूलद्रव्याचा तुकडा घेऊन त्याचे इतके लहान भाग पाडू की एका लहान भागाचे आणखी तुकडे पाडणे अशक्य होईल. या लहानात लहान भागाला अणू म्हणतात. अणू मुख्यत्वेकरून तीन निरनिराळ्या जातीच्या कणांपासून बनलेला आहे. ते म्हणजे प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन व न्यूट्रॉन. सर्व अणुंमध्ये एक केंद्र असते त्याला अणुगर्भ म्हणतात. अणूचे वजन केंद्रात साठलेले असते. अणुगर्भाभोवती अत्यंत हलके व सूक्ष्म इलेक्ट्रॉन विशिष्ट कक्षेत वेगाने भ्रमण करत असतात. इंलेक्ट्रॉन्सवर अल्पप्रमाणात ऋणभार असतो. प्रोटॉनवर घनभार असतो. न्यूट्रॉनवर वुजभार नसतो.

कोणत्याही मूलद्रव्याचे गुणधर्म त्याच्या अणूतून असणाऱ्या इलेक्ट्रॉन किंवा प्रोटॉन यांच्या संख्येवर अवलंबून असतात. एकाच मूलद्रव्याच्या निरनिराळ्या स्वरूपांना संस्थानी म्हणतात. त्यांचे वस्तुमान भिन्न असले. तरी रासायनिक गुणधर्म मात्र एकच असतात. अणुगर्भातील प्रोटॉन व न्युट्रॉन हे घटक इतक्या जबरदस्तशक्तीने एकमेकांशी जखडलेले असतात की त्यांना ओढून काढून अलग करणे अशक्य वाटावे. जेव्हा एखादे मूलद्रव्य

आपल्या अंतरंगातून विशिष्ट स्वरूपांचे तरंग किंवा कण आपोआप बाहेर काढून टाकून विघटन करून घेते अशा मूलद्रव्यास किरणोत्सारी मूलद्रव्य म्हणतात. रेडियमचे विघटन होताना अल्फा, बीटा व गॅमा बाहेर पडतात. बीटा कण म्हणजे इलेक्ट्रॉन, अल्फा कण म्हणजे हेलियमचे अणुगर्भ गामा किरण शक्तिमान असतात. अल्फाकणांच्या मदतीने अणुगर्भ फोडण्यात थोडेफार यश लाभले तरी अतिशय थोडासा भागच ओरबाडून काढता येतो. परंतु न्यूट्रॉनवर विजेचा भार नसल्यामुळे अणुगर्भाची फोड करण्याच्या कामी ते अतिशय सोयीचे ठरतात. युरेनियमच्या अणुगर्भावर न्यूट्रॉन्सचा मारा केल्यास त्याचे जवळजवळ सारखे असे दोन भाग पडतात. या क्रियेत प्रचंड प्रमाणावर शक्ती बाहेर पडते.

युरेनियम हे मूलद्रव्य निसर्गात मुख्यत्वे २३५ व २३८ या स्वरूपात आढळते. कमीवेगाने धावणाऱ्या न्यूट्रॉन्सचा मारा २३५ युरेनियम सस्थानीवर केल्यास त्याचे तुकडे पडतात. ते घडताना प्रचंड शक्तीबरोबरच काही शून्यकणही मोकळे होऊन बाहेर पडतात. हे मोकळे न्यूट्रॉन युरेनियमच्या इतर अणूगर्भावर पुनः धडक मारून साखळी प्रक्रिया सुरू करतात. ही साखळी प्रक्रिया नियंत्रित करून प्रचंड अणुऊर्जा आपणास नियंत्रितपणे मिळविता येते. अणूंच्या पोटातील प्रचंड ऊर्जा साठा अशारीतीने हळुहळू व हवातसा माणसाला मग वापरता येतो. नियंत्रित स्वरूपात अणुशक्ती पुरविणाऱ्या साधनाला अणुभट्टी असे म्हणतात. युरेनियम ग्राफईटची अणुभट्टी ही पहिली अणुभट्टी शिकॅगो विद्यापीठाच्या फुटबॉल मैदानावर एन्रिको फर्मी या वैज्ञानिकाच्या नेतृत्वाखाली सुरू झाली.

बहुतेक अणुभट्ट्यात ग्रॅफाईट ठोकळ्यात युरेनियमच्या सळ्या खूपसून ऊर्जा निर्मिती केली जाते. अणुभट्टीसाठी युरेनियम २३५ किंवा प्लुटोनियम वापरले जाते. या भट्टीतील तपमानाचे नियंत्रण कॅडमियनमने केले जाते. कॅडनियमचा अणू न्युट्रॉन गिळू शकतो. अणुभट्टीत नियंत्रित अणुभंजनाने तापमान वाढत जाते. ते नियंत्रित करण्यासाठी म्हणजेच न्यूट्रॉनची संख्या नियंत्रित, कमी करण्यासाठी तापमान वाढताच कॅडमियमच्या सळ्या भट्टीत खुपसतात. हे सारे यांत्रिक पद्धतीने केले जाते. अणुभंजनातून बाहेर

पडणारे किरण धोकादायक असल्यामुळे आठ फूट जाडीच्या शिशाच्या अथवा काँक्रीटच्या भिंतीपलीकडून अणुप्रक्रियेचे नियंत्रण केले जाते.

अणुऊर्जेचे सूत्र

युरेनियमच्या विघटनाच्या क्रियेत किती ऊर्जा मुक्त होऊ शकते याचा अंदाज आईन्स्टाईनने दिलेल्या सूत्राद्वारा काढता येतो. ते सूत्र असे. ऊर्जा (E) = वस्तुमान (M) X प्रकाशवेग२ (C^2). या समीकरणातील इ ही वस्तुमानाचा संपूर्ण नाश झाल्यानंतर मुक्त होणारी ऊर्जा होय. सहाजिकपणे तुलनात्मक दृष्टीने पाहता अत्यल्प वस्तुमानापासून अतिप्रचंड शक्ती मिळविणे (ऊर्जा) ही सहजशक्य बाब असल्याचे लक्षात येईल. कारण प्रकाशाचा वेगच मुळी प्रति सेकंदास १८६००० मैल आहे. गणित केल्यास एक ग्रॅम वस्तुमानाच्या संपूर्ण विनाशातून २५×१०६ किलोवॉट तास एवढी शक्ती मुक्त होईल. ढोबळ मानाने सांगावयाचे तर एवढीच ऊर्जा कोळसा जाळून मिळवावयाची झाल्यास हजारो टन कोळशाची राख करावी लागेल. दिवसेंदिवस जगाची ऊर्जेची भूक वाढत चालली आहे. दगडी कोळसा, तेल, नैसर्गिक वायू यांचा साठा झपाट्याने कमी होत चालला आहे. अशावेळी अणुऊर्जेची कास धरण्याशिवाय गत्यंतर नाही.

अणुऊर्जेचा सर्वात महत्वाचा उपयोग म्हणजे विद्युतनिर्मिती. वीज ही स्वस्त, मस्त व स्वच्छ काम करून देणारी सुटसुटीत ऊर्जा असल्याने आज विजेचा वापर जगात प्रचंड प्रमाणावर वाढला आहे. प्रगत राष्ट्रांनी अणुविद्युत निर्मिती केंद्रे स्थापून त्यापासून मोठ्या प्रमाणावर विद्युत निर्मितीस प्रथम सुरुवात केली ती अणुऊर्जेची माहिती झाल्यावर आणि तिच्यावर नियंत्रण मिळविल्यावर. भारतानेही १९६९ मध्ये तारापूर येथे प्रथम अणुविद्युत निर्मिती केंद्रे स्थापून अणुक्षेत्रात आघाडी मारलेली आहे. आज भारतात बऱ्यापैकी अणुविद्युत निर्मिती केंद्रे.व अणुभट्ट्या आहेत.

युरेनियम, फ्लुटोनियम खेरीज थोरियम हे आणखी एक मूलद्रव्य अणुऊर्जेच्या दृष्टीने महत्वाचे ठरते. भारतात थोरियमची खनिजे विपूल आहेत. थोरियमचे युरेनियम २३३ मध्ये रूपांतर करून त्यापासून अणुऊर्जा प्राप्त करून घेता येते.

भारत आणि अणुऊर्जा

भारताने सुरुवातीपासूनच 'शांतीसाठी अणुऊर्जेचा वापर' असेच आपले धोरण ठेवले आहे. आधुनिक भारताचे शिल्पकार पंडित जवाहरलाल नेहरू यांनी डॉ. भाभा या थोर वैज्ञानिकाच्या सहकार्याने भारतातील अणुऊर्जा कार्यक्रमाचा १९४८ साली पाया घातला. भारताच्या विकासासाठी अणुशक्ती आयोगाची स्थापना करण्यात आली. आज भारतात भाभा अणुसंशोधन केंद्रासारख्या अनेक अप्रतिम संस्था अणुऊर्जा विकास कार्यक्रम सफल करत आहेत. १९५४ साली डिपार्टमेंट ऑफ ॲटॉमिक एनर्जी या सरकारी खात्याची स्थापना करण्यात आली. ४ ऑगस्ट १९५६ रोजी भारतीय तंत्रज्ञांच्या सहाय्याने 'अप्सरा' या आशिया खंडातील पहिल्या अणुभट्टीची स्थापना झाली. १९६० मध्ये 'सायरस' तर ६३ मध्ये 'झार्लिना' कार्यान्वित झाली. 'ध्रूव' आणि 'पूर्णिमा' पण आल्या. याच सुमारास युरेनियम प्लॅन्ट, प्लुटोनियमसाठी अणुभट्टी वगैरे अनेक प्रकल्प झाले.

अणुऊर्जेपासून निर्माण होणाऱ्या उष्णतेचा वापर करून विद्युतनिर्मिती करणारे जनित्र फिरवून वीज निर्मिती करणारे केंद्र तारापूर अणुशक्ती विद्युतनिर्मिती केंद्राचे प्रामुख्याने तीन भाग पडतात. अणुभट्ट्या, प्रचंड टर्बाईन आणि नियंत्रण विभाग हे ते विभाग होत. अमेरिकेच्या सहकार्याचा हात लाभलेल्या या वीज केंद्रात अणूच्या विभाजनामुळे निर्माण झालेल्या उष्णतेने अणुभट्टीच्या आंतरभागातील पाण्याची अतिवेगाने वाफ होते. ही वाफ टर्बाईनला गती देते व विद्युत जनित्रांच्या सहाय्याने यांत्रिक शक्तीचे विद्युतशक्तीत रूपांतरं होते. टर्बाईनला गती देणारी ही वाफ नंतर थंड करून तिचे पुन्हा पाण्यात रूपांतर करण्याची येथे व्यवस्था आहे. या केंद्राची स्थापित क्षमता ४०० मेगावॉट असून त्यातून निर्माण होणारी वीज गुजराथ व महाराष्ट्र या राज्यांना समप्रमाणात देता येते. मद्रास व राजस्थानातही अशी केंद्रे आहेत.

आज भारतात अणुऊर्जेचा वापर प्रामुख्याने तीन महत्वाच्या गोष्टीसाठी होतो. विद्युतनिर्मिती, उद्योग आणि शेती विकास, त्याचप्रमाणे वैद्यकीय चिकित्सा आणि उपचार.

अणुऊर्जेद्वारा शेतीविकास

अगदी थोड्या वजनाच्या अणुइंधनाद्वारा हवी त्या प्रमाणात ऊर्जा काढून घेता येणे हे शक्य झाल्यामुळे अणुऊर्जेवर अनेक दिवस चालणारी वेगवान वाहने माणसाने निर्माण केली आहेत. पाणबुड्या, जहाजे आता अणुऊर्जेवर खूप दूरचा पल्ला गाठू शकतील. अंतराळयानात तसेच हवाई वाहनात अणुऊर्जेचा वापर यशस्वी होऊ घातलाय. अणुऊर्जेचा वापर करून जास्त पीक देणाऱ्या सुधारित बियाणांच्या बाबतीत साऱ्या जगात प्रगती होत आहे. भारतातही तूर, मूग, उडीदाच्या अशा अनेक जाती भाभा अणुसंशोधन केंद्राने निर्माण केल्या आहेत. या नवीन जातीमुळे कडधान्य उत्पादन वाढविता येईल. बी बियाणांच्या कीडनाशनासाठी पण अणुऊर्जेचा वापर करता येतो. अणुकिरणांच्या माऱ्याने बटाटे अधिक काळ टिकविता येतात. एवढेच नव्हे तर त्यामुळे अन्नपदार्थही अधिक काळ टिकविता येतात. त्यामुळे त्यांची नासाडी थांबते.

अणुऊर्जेद्वारा औषधोपचार

अनेक दुर्धर रोगांवर अणुऊर्जेचा वापर करून औषधोपचार केले जातात. किरणोत्सर्गा अणुविज्ञानाच्या सहाय्याने प्रथम रोगाचे निदान करून मग निरनिराळ्या पद्धतीने योग्य ते औषधोपचार केले जातात. वैद्यकिय उपकरणांचे निर्जंतुकीकरण पण अणुऊर्जेच्या सहाय्याने होते. अणुभट्टीत तयार झालेला किरणोत्सर्गी कोबाल्ट धातू आता कॅन्सरवर इलाज करू शकतो. तीव्र स्वरूपाचे किरणोत्सर्गी पदार्थ वापरून शरीरातील रोगकारक पेशींचा नाश करता येतो. मेंदूचा ट्यूमर शोधणे, थायोराईड ग्रंथीची कार्यक्षमता अजमावणे ही कामे किरणोत्सर्गी आयोडीन वापरून करता येतात. किरणोत्सर्गी सोडियम रक्ताभिसरणातले दोष शोधून काढतो.

अणुऊर्जेचे असे अनेक उपयोग आहेत. परंतु अलीकडेच रशियात चेर्नोबिल येथे घडलेल्या दुर्घटनेमुळे अणुकेंद्राबाबत माणूस पुन्हा काळजीत पडला आहे. अणुऊर्जेचा अधिक मोठ्या प्रमाणावर वापर करायचा का यापुढे त्याची गती मंद करायची हा विचार सध्या मानवाला भेडसावू लागलाय. अणुऊर्जानिर्मिती केंद्रांच्या बाबतीत आणखीन एक डोकेदुखी

असते ती त्यात निर्माण होणाऱ्या किरणोत्सारी राखेची व त्यापासूनच्या प्रदूषणाची. ही राख भूगर्भात काँक्रीटच्या जाडजाड भिंती असलेल्या तळघरात बंदोबस्ताने ठेवण्यात येते. तथापी काही अकल्पित कारणाने जर गळती झाली तर त्याचे भयानक परिणाम होण्याचे नाकारता येत नाही. शिवाय हे किरणोत्सारी पदार्थ दीर्घायुषी असल्याने शेकडो वर्षेपर्यंत त्यांच्या किरणोत्सर्गाची भीती ही कायमच राहते.

पण हे धोके पत्करूनही मानव आज अणुऊर्जेमागे धावतोय. कारण त्याला हरघडी ऊर्जा लागतेय. ऊर्जेची त्याची बेलगाम भूक इतर ऊर्जास्त्रोतांचे साठे संपवीत आहे. एकविसाव्या शतकातच कोळसा, तेल नैसर्गिक वायू यांचे साठे संपणार असे भाकित वैज्ञानिक वर्तवत आहेत. अशा परिस्थितीत सध्यातरी त्याला अणुऊर्जेची व त्याबरोबरीने सौरऊर्जेची कास धरण्याशिवाय गत्यंतर नाही. म्हणूनच मानव सातत्याने अणुगर्भ विच्छेदन करून अधिकाधिक ऊर्जा मिळविण्याच्या मागे आहे.

□ □ □

शोधांची वाटचाल : रमेश के. सहस्त्रबुद्धे

वैज्ञानिकांनी कष्टपूर्वक लावलेल्या शोधांमुळे आज माणूस प्रगत झालाय. तारायंत्रामुळे तो क्षणार्धात साऱ्या जगभर संदेशवहन करू शकतोय. कॅमेऱ्याच्या सहाय्याने घेतलेल्या छायाचित्रांमुळे तो निसर्गाचे हुबेहुब चित्रण करतोय. तसेच आपल्या जीवनातील आनंदमयी समारंभांची, प्रसंगांची आठवण छायाचित्रांद्वारा तो वर्षानुवर्षे जपून ठेऊ शकतोय. अणुगर्भात दडलेला प्रचंड खजिना आज अणुऊर्जेद्वारा मानवाच्या ताब्यात आला आहे. दुसऱ्या महायुद्धात याद्वारा हिरोशिमा, नागासाकीचा प्रचंड विध्वंस केला गेला. हीच अणुऊर्जा शांततेसाठी, मानवी कल्याणासाठी आता वापरात येत आहे.

अशा या अभूतपूर्व शोधांची माहिती मनोरंजकपणे सदरहू पुस्तकात दिली आहे. शोधांच्या वाटचालीत ज्या वैज्ञानिकांचा सहभाग आहे, त्यांच्या कार्याची ओळख पण या पुस्तकाद्वारे विद्यार्थ्यांना निश्चितपणे होईल.

पुष्पक
प्रकाशन, पुणे